

PENGEREMAN ELEKTRIK DENGAN MEMBALIKKAN ARAH PUTAR MENGGUNAKAN *ZERO SPEED SWITCH* SEBAGAI PENGENDALI

Irwan Burhanudin

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : irwanburhanudin@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : subuhisnur@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menggambarkan analisis kontrol sistem pengereman pada motor induksi. Sistem pengereman menggunakan metode *plugging* adalah implementasi dari sistem pengereman yang diterapkan dengan mengubah arah motor agar motor menghasilkan tenaga torsi yang seimbang dan membuat daya melambat. Pergantian arah motor dilakukan dengan mengurangi putaran balik motor. Oleh karena itu, diperlukan *zero speed switch* sebagai pengendali. Waktu berhenti motor yang diukur lebih cepat daripada sistem pengereman normal. Nilai waktunya adalah 7 detik untuk metode pengereman tanpa *zero speed switch* dan 24 detik pada sistem pengereman normal. Selain itu, arus stator lebih kecil pada pengereman motor menggunakan metode *plugging*, baik menggunakan *zero speed switch* maupun tidak dibanding pengereman motor biasa. Hasilnya bisa dibuktikan dengan arus stator 0,7 volt dan 0,5 volt. Berdasarkan latar belakang tersebut maka, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kinerja *zero speed switch*. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan peralatan untuk pengereman motor serta menggunakan *zero speed switch*. Hasil dari penelitian pengereman elektrik dengan membalikkan arah putar motor menggunakan *zero speed switch* sebagai pengendali yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *Zero Speed Switch* dapat bekerja sesuai dengan perintah yang diinginkan untuk mengurangi putaran motor dan mengetahui prinsip kerja pengereman tersebut.

Kata Kunci : *Plugging, Pengereman Elektrik, Zero Speed Switch*

Abstract

This study describes the analysis of the braking system control on an induction motor. The braking system using the plugging method is an implementation of the braking system that is applied by changing the direction of the motor so that the motor produces a balanced torque power and makes the power slow down. The change of direction of the motor is done by reducing the turning speed of the motor. Therefore, a zero speed switch is needed as a controller. The motor stop time is measured faster than the normal braking system. The time value is 7 seconds for the braking method without a zero speed switch and 24 seconds on a normal braking system. In addition, the stator current is smaller in motor braking using the plugging method, whether or not using a zero speed switch compared to ordinary motor braking. The result can be proven by a stator current of 0.7 volt and 0.5 volts. Based on this background, research needs to be done to determine the performance of zero speed switches. This study uses a quantitative approach and equipment for braking a motor and using a zero speed switch. The results of the electric braking study by reversing

that Zero Speed Switch can work according to the desired command to reduce motor rotation and know the working principle of braking.

Keywords : *Plugging, Electric Braking, Zero Speed Switch*

PENDAHULUAN

Pengereman dengan metoda *plugging* dilakukan dengan cara membalikkan arah putaran motor sehingga motor dapat menghasilkan daya torsi penyeimbang dan membentuk daya perlambatan (Marta, 2012). Medan magnet yang dihasilkan akan berputar dengan kecepatan

yang sama dengan rotor tetapi dengan arah yang berlawanan (Iftadi, 2002). Interaksi medan resultan dan gerak gaya magnet rotor akan mengembangkan torsi yang berlawanan dengan torsi motor sehingga pengereman terjadi. Metode pengereman *plugging* yang digunakan yaitu dengan menambahkan atau memasang seri tahanan

pada tegangan per-fasa motor, diharapkan tegangan dan arus dari sumber tenaga dapat mengalir masuk kedalam motor secara bertahap, sehingga tidak memerlukan arus pengereman yang besar.

Metode pengereman *plugging* memiliki keuntungan dan kekurangan antara lain kemudahan pengaturan kecepatan pengereman motor induksi tiga fasa dan kerugian mekanis dapat dikurangi. Dengan mengaplikasikan pengereman *plugging* pada motor induksi tiga fasa didapatkan hasil proses menghentikan putaran motor induksi tiga fasa lebih cepat dibandingkan dengan pengereman biasa (Marta, 2012). Selain itu kekurangan pengereman metode *plugging* sendiri ketika motor berhenti, kita harus segera membuka sirkuit anker, selain itu akan mulai berjalan secara terbalik. Sirkuit gangguan biasanya dikontrol oleh sebuah null-kecepatan otomatis perangkat terpasang pada poros motor.

KAJIAN PUSTAKA

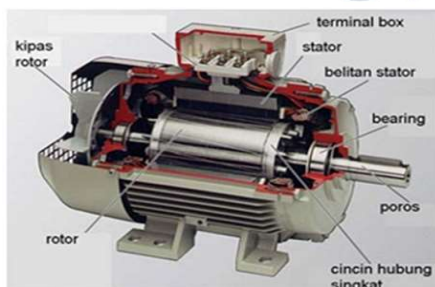
Motor Listrik

Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar

Motor listrik 3 fasa adalah motor yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa pada sumber untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya. Perbedaan fasa pada motor 3 fasa didapat langsung dari sumber. Hal tersebut yang menjadi pembeda antara motor 1 fasa dengan motor 3 fasa. Secara umum, motor 3 fasa memiliki dua bagian pokok, yaitu stator dan rotor. Bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit atau yang biasa disebut dengan air gap.

Terdapat dua tipe motor 3 fasa jika dilihat dari lilitan pada rotornya, yakni rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*).

Gambar motor induksi 3 fasa tipe rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*) dapat dilihat pada Gambar 1. (Sumber: Radita Arindy, ST., M.T, 2012:55)

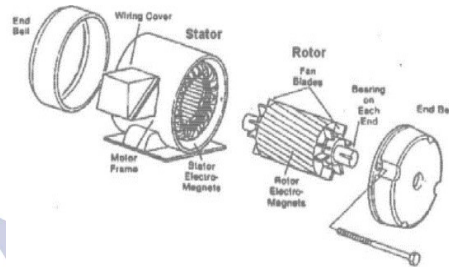


Gambar 1. Gambar motor induksi 3 fasa tipe rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*).

Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan, karena konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerjanya yang

baik. Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator bagian yang diam. Diantara stator dengan rotor ada celah udara yang jaraknya sangat kecil. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Konstruksi motor induksi dapat diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konstruksi motor induksi rotor sangkar

Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin.

Prinsip kerja motor induksi

Prinsip kerja dari motor listrik 3 fasa ini sebenarnya sangat sederhana. Bila sumber tegangan 3 fase dialirkan pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan tertentu. Besarnya kecepatan tersebut dapat diukur menggunakan sebuah rumus:

$$N_s = 120 f/p \quad (1)$$

Keterangan :

N_s = kecepatan putar (Rpm)

f = frekuensi sumber (Hz)

p = kutub motor.

Perlu diketahui bahwa medan putar stator akan memotong batang konduktor yang ada pada rotor, sehingga pada batang konduktor dari rotor akan muncul GGL induksi. GGL akan menghasilkan arus (I) serta gaya (F) pada rotor. Agar GGL induksi timbul, diperlukan perbedaan antara kecepatan medan putar yang ada pada stator (n_s) dengan kecepatan berputar yang ada pada rotor (n_r). Perbedaan kecepatan antara stator dan rotor disebut slip (s) yang dapat dinyatakan dengan rumus:

$$S = (n_s - n_r) / n_s \quad (2)$$

Keterangan :

S = Slip motor

n_s = Kecepatan Stator (Rpm)

n_r = Kecepatan Rotor (Rpm)

Apabila $n_r = n_s$, maka GGL induksi tidak akan timbul, dan arus tidak akan mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel.

Deskripsi Materi

Deskripsi materi membahas mengenai beberapa komponen panel pengereman motor dengan metode *plugging* menggunakan *zero speed switch* dengan komponen-komponen yang dijelaskan pada tabel 1 dibawah ini.

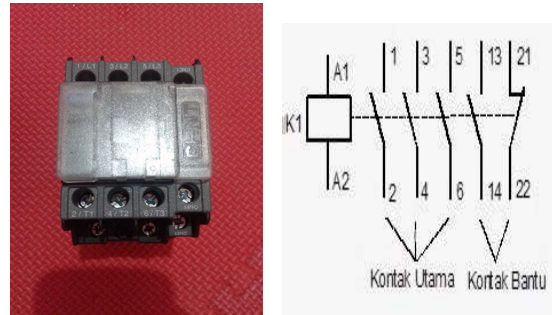
Tabel 1. Spesifikasi Komponen Panel

No	Nama Komponen	Tipe	Spesifikasi	Jumlah
1	Kontaktor	Schneider LC1-D09	AC 220 /400V , 50/60 Hz	2 Buah
2	MCB 3 Fasa	CHNT	1x 6 A	1 Buah
3	<i>Zero Speed Switch</i>	-	3.0 -5 v	1 Buah
4	<i>Powes supply</i>	Omron H3Y-2	-	1 Buah
5	<i>Push Button</i>	TAISAN	6A ,250V AC	3 Buah
6	Lampu Pilot Indikator	AD22-22DS	AC 220V,2 0mA	2 Buah
7	Kabel Penghubung	Kabel NYA	2,5 mm	3 Buah
8	<i>Speed Sensor Rotary</i>	Sakura	3 x 45A	1 Buah

Kontaktor Magnetik

Kontaktor magnetik adalah saklar listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Prinsip kerjanya terdapat lilitan yang akan menjadi magnet bila di aliri listrik, magnet tersebut akan menarik kontak yang berada di dekatnya sehingga kontak yang semula terbuka (NO) menjadi tertutup sedangkan kontak yang awalnya tertutup (NC) menjadi terbuka.

Kontaktor magnetik terdiri dari kontak utama dan kotak bantu. Kontak utama digunakan untuk sumber arus listrik sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian pengendali, jika terbalik dalam memasang kedua kontak ini tetap akan bekerja namun akan ada masalah yang timbul karena kontak bantu hanya didesain untuk dilewati arus yang kecil sedangkan kontak utama didesain untuk dilewati arus besar.



Gambar 3. Gambar dan simbol kontaktor Schneider.

Penggunaan magnetik kontaktor biasanya digunakan untuk mengendalikan kerja motor 3 fasa, dengan magnetik kontaktor kita dapat memotong 3 sumber listrik R, S, dan T sekaligus pada motor 3 fasa. Bagian-bagian kontaktor antara lain sebagai berikut.

1. Kontak utama

Kontak utama terdiri dari tiga kontak NO (*normally open*) yang didesain untuk dilewati arus yang besar. Dengan kode angka 1-2, 3-4, dan 5-6 yang berpasangan. Untuk instalasi pada listrik industri, biasanya beban di hubungkan langsung pada ketiga kontak ini. Dan kemudian, coil kontaktor yang berfungsi untuk kontrolnya.

2. Kontak Bantu

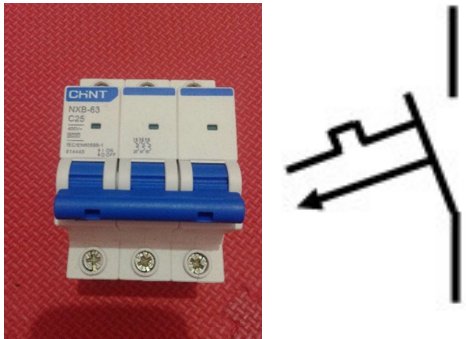
Kontak bantu ini terdiri dari NO (*normally open*) dan NC (*normally close*) yang digunakan untuk rangkaian pengendali, didesain untuk dilewati arus yang kecil dan kontak ini diberi kode penomoran dari angka 13-14 sebagai NO (*normally open*) dan 21-22 sebagai NC (*normally close*).

3. Coil Kontaktor

Coil yaitu kumparan yang menggerakkan atau menarik kontak utama dan kontak bantu untuk memutus dan membuka, diberi kode penomoran A1 dan A2. Coil ini mempunyai teganga kerja 220 Volt AC dengan frekuensi 50 Hz.

MCB (*Miniature Circuit Braker*)

MCB (*Mini Circuit Breaker*) adalah komponen dalam instalasi listrik rumah yang mempunyai peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubung singkat arus listrik (*short circuit* atau *korsleting*). Gambar dan simbol MCB dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Gambar dan Simbol MCB.

Pada dasarnya pemutusan aliran listrik yang dilakukan oleh MCB berasal dari dua prinsip sebagai berikut.

1. Pemutusan MCB karena Elektromagnetik

Pemutusan dilakukan oleh koil yang terinduksi dan mempunyai medan magnet. Akibatnya poros yang terdapat didekatnya akan tertarik dan menjalankan tuas pemutus. Pada saat MCB bekerja karena hubungan singkat (*konslet*) akan terdapat panas yang sangat tinggi, MCB dilengkapi dengan pemadam busur api untuk meredam panas tersebut.

2. Pemutusan MCB karena panas

Pemutusan dilakukan karena terdapat beban lebih. Karena beban lebih maka akan menimbulkan panas. Panas ini akan membuat bimetal melengkung dan mendorong tuas pemutus akibatnya MCB akan trip (memutuskan arus).

Beberapa manfaat (fungsi MCB) adalah sebagai berikut.

Pengaman hubungan arus singkat

Hubungan arus pendek/konselet memang seringkali terjadi di Indonesia, Tak jarang rumah atau pasar yang terbakar karena hubungan arus pendek/konslet. Ada banyak faktor yang menyebabkan konsleting, salah satunya adalah tidak dipasang pengaman hubungan singkat.

1. Mengamankan beban lebih

Beban lebih dapat mengakibatkan bahaya karena dapat menimbulkan panas dan percikan api pada jaringan penghubung. Dapat dicegah dengan pemasangan MCB misalnya daya maksimal MCB 25A, secara otomatis MCB akan *trip* (putus) jika beban melebihi 25A.

2. Sebagai saklar utama

Selain berfungsi sebagai pengaman terjadinya korsleting dan beban lebih juga bisa difungsikan sebagai saklar utama instalasi. Jika memasang lampu atau memasang stop kontak (*steker*) maka kita hanya perlu menggunakan MCB untuk memutus semua arus listrik di dalam bangunan.

Untuk menentukan mcb yang digunakan sebagai pengaman dapat diperoleh maksimal beban motor 1 pk sampai 37 antara lain :

1pk = 746 watt (sumber peraturan menteri energi dan sumber daya, 2012:3 dan PUIL, 2000:456)

$$I = P/V \quad (3)$$

$$I = 746 / 220$$

$$= 3,39 \text{ Ampere}$$

Keterangan :

P = Daya aktif (Watt)

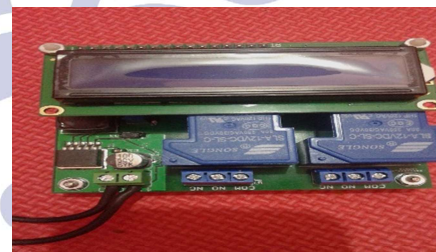
V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

ZSS (Zero Speed Switch)

Zero Speed Switch (ZSS) juga dikenal *speed actualing sensing switches* digunakan untuk mendeteksi apakah poros (bahkan pada kecepatan lambat) di berbagai mesin, konveyor, pembangkit listrik, dan dalam dunia industri.

Sakelar kecepatan nol elektrik adalah perangkat sambungan cepat untuk menunjukkan kecepatan yang membuka atau menutup serangkaian kontak melalui relai dan sirkuit elektronik. Pada instalasi motor atau tenaga listrik penggunaan TDR dikombinasikan dengan komponen instalasi tenaga lain untuk fungsi penundaan misalnya pada pengendali motor hubungan *star-delta* otomatis, motor berurutan dan sebagainya. Gambar Zero Speed Switch dapat dilihat pada Gambar 5.



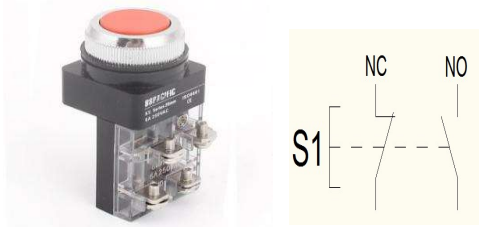
Gambar 5. Gambar Zero Speed Switch

Saklar Tombol Tekan (Push Button)

Saklar tombol tekan (*push button*) adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan *push button* terdiri dari saklar tekan *start*, *stop reset* dan saklar tekan untuk *emergency*.

Push button memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*). Prinsip kerja *Push Button* adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai *start* (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor induksi untuk menjalankan dan mematikan motor pada

industri. Gambar dan simbol tombol tekan (*push button*) dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gambar dan Simbol Push Button.

Push button dibedakan menjadi beberapa tipe sebagai berikut.

Tipe *Normally Open* (NO)

Tombol ini disebut tombol *start* karena kontak akan menutup bila ditekan dan kembali terbuka bila dilepaskan. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak akan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir.

1. Tipe *Normally Close* (NC)

Tombol ini disebut juga dengan tombol *stop* karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali tertutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus.

2. Tipe NC dan NO

Tipe ini kontak memiliki 4 buah terminal baut, sehingga bila tombol tidak ditekan maka sepasang kontak akan NC dan kontak lain akan NO, bila tombol ditekan maka kontak tertutup akan membuka dan kontak yang membuka akan tertutup.

Pengasutan Motor Listrik 3 Fasa

Menurut Arindya (2013: 87) Pengasutan motor induksi adalah cara menjalankan pertama kali motor, tujuannya agar arus starting kecil dan *drop* tegangan masih dalam batas toleransi. Pada motor induksi yang diam apabila tegangan normal diberikan ke stator maka akan ditarik arus yang besar oleh belitan primernya. Motor induksi saat dihidupkan secara langsung akan menarik arus 5 sampai 7 kali dari arus beban penuh dan hanya menghasilkan torsi 1,5 sampai 2,5 kali torsi beban penuh. Arus mula yang besar ini dapat mengakibatkan *drop* tegangan pada saluran sehingga akan mengganggu peralatan lain yang dihubungkan pada saluran yang sama.

Arus *start* motor induksi pada umumnya 5 sampai 7 kali dari arus normal, datangnya arus *start* 5 sampai 7 kali dari arus normal tersebut adalah dari kemampuan pihak para pabrikan yang memproduksi motor, berdasarkan konstruksi dari motornya sendiri dan hasil dari manufacturer test. Sebagaimana kita ketahui daya yang diperlukan untuk mensuplai beban listrik misalnya

motor adalah tergantung daya dari beban, daya yang dibutuhkan oleh motor sesuai dengan kapasitas motornya misalnya 100kW. Karena pada saat *start* kebutuhan arus listrik naik maka untuk menyuplai motor 100kW tersebut tentulah tegangan jadi turun, karena daya motor tetap 100kW. Sebagaimana kita ketahui rumus daya aktif / daya nyata untuk motor 3 fasa adalah sebagai berikut.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (4)$$

Keterangan :

$\cos \phi$ =Setiap motor berbeda-beda dan mempunyai nilai masing masing (Nameplate)

Rumus dasarnya berupa daya semu :

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \quad (5)$$

Keterangan :

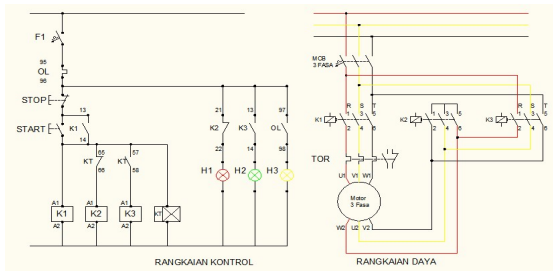
S = Daya Semu (VA)

(daya sebanding dengan tegangan dikali arus)

Karena daya sebanding dengan tegangan dikali arus, maka setiap arus naik maka tegangan akan turun begitu juga sebaliknya. Oleh karena itulah pada saat *start* terjadi tegangan turun (*drop*). Efek dari tegangan turun (*voltage drop*) tersebut apabila melebihi batas maka akan berakibat ke motor itu sendiri dan juga beban – beban yang lainnya. Sebagaimana dijelaskan bahwa Torsi sebanding dengan kuadrat tegangan, jadi jika tegangan turun maka torsi akan turun lebih banyak sehingga motor susah menuju ke putaran nominalnya sehingga mengganggu kestabilan sistem listrik. selanjutnya tegangan *drop* yang berlebihan akan berdampak ke beban-beban lainnya, seperti *lighting flicker*, dan terlepasnya magnetic coil dari motor-motor starter yang lainnya sehingga menyebabkan *shutdown*. Untuk itulah diperlukan pengasutan motor listrik untuk menjamin kestabilan listrik, terutama pada kasus-kasus motor berkapasitas besar yang memerlukan torsi besar.

Pengasutan *Star Delta*

Pengasutan *star delta* pada umumnya dipakai pada motor induksi dengan daya menengah dan besar antara 10 kW sampai 50 kW. Pengasut *star delta* menggunakan arus *star* dan *delta*. Saat motor terhubung bintang arus starting hanya digunakan sepertiga dari arus *starting* dari hubungan segitiga. Untuk melakukan pengasutan ini motor harus memiliki enam ujung lilitan stator yang dibawa menuju terminal-terminal motor (Sumber :Radita Arindya,S.T.,M.T,2012:94) Gambar rangkaian kontrol dan daya pengasutan *Star Delta* dapat dilihat pada gambar 7. berikut.

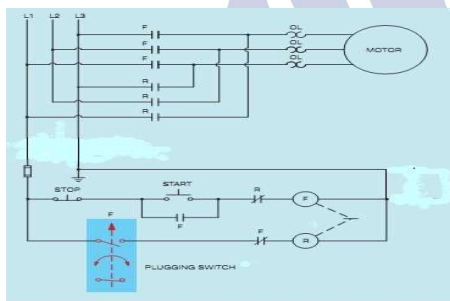


Gambar 7. Gambar rangkaian kontrol dan daya pengasutan *star delta*

Pengereman Motor Listrik 3 Fasa

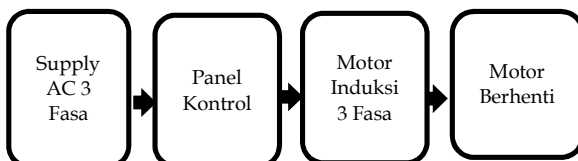
Pengereman *Plugging*

Plug braking merupakan pengereman motor dengan cara membalikkan arah putaran motor sehingga motor bisa menghasilkan daya torsi penyeimbang dan selanjutnya membentuk daya perlambatan (*retarding force*). Gambar rangkaian kontrol dan daya pengereman *plugging* dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8. Gambar rangkaian kontrol dan daya pengereman *plugging*

Untuk penerapan metode *plugging* dijelaskan dengan cara merubah urutan fasa sumber motor, dengan mendapat kopel lawan dan segera berhenti. Pada pengereman hanya dilakukan sesaat, apabila lebih lama motor akan berputar berlawanan arah. Arus motor yang besar akibat pengereman dapat diatasi dengan memberikan tahanan depan. Berikut diagram blok pengereman motor menggunakan metode *plugging* yang dijelaskan pada gambar 9. dibawah.



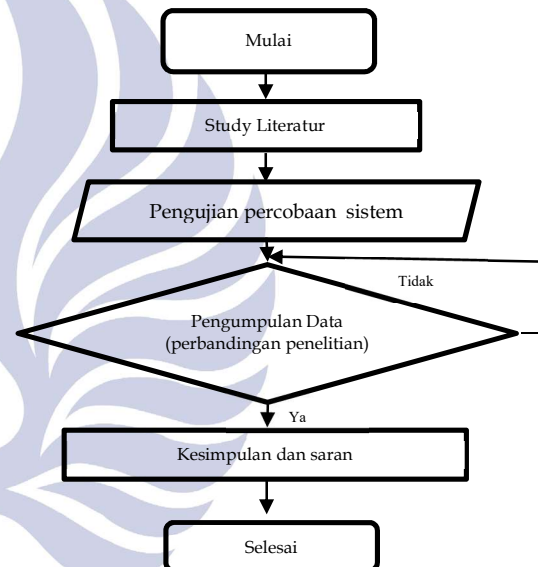
Gambar 9. Blok diagram prinsip kerja pengereman metode *Plugging*

Pada prinsip kerja pada blok diagram diatas pengereman metode *plugging*, maka suplai C tiga fasa,

akan terhubung ke alat kontrol pengereman motor induksi tiga fasa dan keluarannya akan terhubung ke motor induksi tiga fasa. Pada motor induksi tiga fasa didapat kecepatan putaran saat pengereman terjadi dan arah putaran yang terjadi pada saat pengereman dengan metoda *plugging* itu terjadi (Marta, 2012).

METODE PENELITIAN

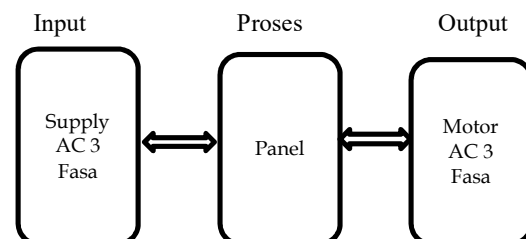
Pada penelitian ini akan menggunakan bahan dan peralatan untuk perancangan panel pengasutan bintang - segitiga pengereman elektrik dengan membalikkaarah putar motor menggunakan kontaktor sebagai pengendali yang meliputi perangkat keras (*Hardware*) kemudian di aplikasikan mencari data sebagai bahan penelitian ini. Perangkat keras itu sendiri terdiri dari panel box, kabel MCB 3 fasa dan lain sebagainya.



Gambar 10. *Flowchart* Metodologi Penelitian

Rancangan Penelitian

Alur kerja yang digambarkan dalam blok diagram sistem adalah *User* melakukan perintah atau menjalankan motor, motor akan berputar bekerja sesuai perintah, namun ketika motor dihentikan sistem pada panel kontrol akan berjalan yang menyebabkan motor berhenti lebih cepat dari proses sebelumnya seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram blok sistem

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian Panel

Pada penelitian ini akan dihasilkan pengereman elektrik dengan membalikkan arah putar motor menggunakan *zero speed switch* dengan menggunakan beban maupun tidak sebagai salah satu solusi kelemahan pengereman motor menggunakan metode *plugging*. Pengujian pada panel sendiri meliputi pengujian waktu dan arus stator pada motor yang direm. Proses ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja dan output dari *zero speed switch* itu sendiri. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan hasil kemampuan *zero speed switch* untuk mengurangi putaran motor pada pengereman metode *plugging*. Pengambilan data dilakukan pada tempat yang tidak terhalang benda dan ada penghalang untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Selain itu untuk memaksimalkan pengujian dibutuhkan tegangan sumber yang stabil karena meningkatnya arus saat starting motor induksi 3 fasa. Berikut ini adalah pengambilan data atau pengujian pengereman metode *plugging* tanpa menggunakan *zero speed* dengan menggunakan beban maupun tidak yang akan dijelaskan pada Tabel 2, 3, 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengereman Tanpa Menggunakan Metode *Plugging* Dengan Menggunakan Beban Timbul Maupun Tidak.

No	Waktu berhenti motor dan arus stator tanpa beban besi timbul		Keterangan
	Arus (ampere)	Waktu (sekon)	
1	3,6	24	Berbeban
2	3,5	22	Tanpa beban

Tabel 3. Hasil Pengujian Pengereman Dengan Membalikkan Arah Putar Motor Menggunakan Metode *Plugging* Tanpa *Zero Speed Switch* Dengan Menggunakan Beban Timbul Maupun Tidak.

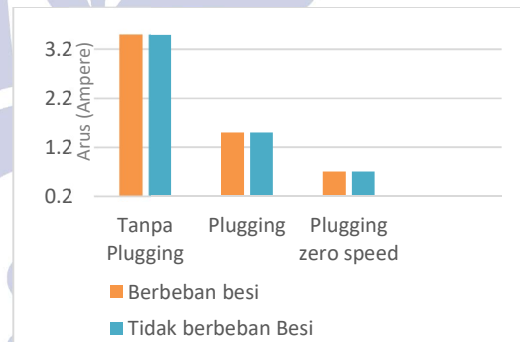
No	Waktu berhenti motor dan arus stator pada motor tanpa beban besi timbul		Keterangan
	Arus (ampere)	Waktu (sekon)	
1	0,5	4	Berbeban
2	0,5	2	Tanpa beban

Tabel 4. Hasil Pengujian Pengereman Dengan Membalikkan Arah Putar Motor Menggunakan *Zero Speed Switch* Dengan Menggunakan Beban Timbul Maupun Tidak.

No	Waktu berhenti motor dan arus stator motor tanpa beban besi timbul		Keterangan
	Arus (ampere)	Waktu (sekon)	
1	0,7	16	Berbeban
2	0,7	14	Tanpa beban

Pembahasan

Dalam penelitian diketahui beberapa hasil percobaan untuk dilakukannya analisis data untuk mengetahui kesimpulan dan saran. Pada penelitian ini akan dihasilkan pengereman motor induksi tiga fasa tanpa metode *plugging* dan menggunakan metode *plugging* serta metode *plugging* menggunakan *zero speed switch*. Dari data hasil pengujian motor induksi tiga fasa, dalam bentuk grafik hasil pengujian terhadap arus ketika berjalan motor yang dijelaskan pada Gambar 12 dibawah ini.

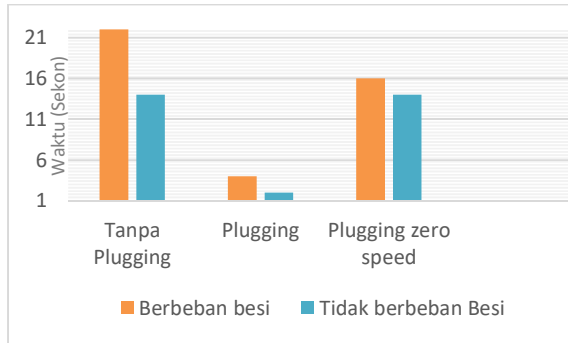


Gambar 12. Perbandingan Nilai Arus Stator Motor.

Berdasarkan Gambar 12 adalah perbandingan arus stator motor menggunakan pengereman *plugging*, tanpa *plugging* pada motor induksi tiga fasa serta pengereman menggunakan *zero speed switch*. Dapat dianalisa bahwa, Arus lebih rendah dibanding arus tanpa pengereman metode *plugging*. Secara keseluruhan hasil pengujian pengereman motor induksi tiga fasa dengan menggunakan metode *plugging* dapat disimpulkan, bahwa waktu yang dihasilkan pada saat pengereman dengan menggunakan metode *plugging* pada motor induksi tiga fasa berbanding terbalik

Waktu pengereman yang dihasilkan pada pengereman motor induksi tiga fasa tanpa metode *plugging* dengan metode *plugging* baik menggunakan *zero speed switch*

maupun tidak. Dari gambar diatas menghasilkan waktu berhenti motor lebih cepat. Hal ini disebabkan oleh metode plugging sendiri menggunakan timer dan *zero speed switch* untuk membatasi waktu berhentinya motor. Perbandingannilai waktu tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Perbandingan Nilai Waktu Berhenti Motor

PENUTUP

Simpulan

Dari pembahasan pengereman elektrik dengan membalikkan arah putar motor menggunakan *zero speed switch* maka dapat disimpulkan prinsip kerja *zero speed switch* adalah saklar yang bekerja untuk mengatur kecepatan motor menjadi nol (0) menggunakan sensor kecepatan (*rotary speed*) sebagai input kecepatan *Zero speed switch* dapat bekerja untuk mengurangi gerak motor dibandingkan pengereman biasa tanpa metode dengan perbandingan waktu 24 detik dan 16 detik keadaan berbeban besi timbul. *Zero speed switch* dapat bekerja untuk mengurangi arus motor (stator) dibandingkan pengereman biasa tanpa metode dengan perbandingan 3,6 ampere dan 0,7 ampere keadaan berbeban besi timbul.

Saran

Untuk pengembangan selanjutnya pada tugas akhir ini, pengereman elektrik dengan membalikkan arah putar motor menggunakan *zero speed switch* perlu diperbaiki dengan menggunakan model *zero speed* yang berbeda karena macam macam *zero speed switch* begitu banyak dan mempunyai kualitas dan kuantitas beda dengan harga yang bervariasi, sehingga pengereman motor tidak ada permasalahan dan lain sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad Khumaedi, Noer Soedjarwo dan Agus Tristanto. 2014. *Otomatis Pengereman Motor DC Secara Elektis Sebagai Refrensi Sistem Keamanan Mobil Listrik*. Jurnal Universitas Lampung. Vol 8, No 1.

Ahmad Taufik, Darmanto dan Imam Syafa'at. 2017. *MANalisis Keausan Kampas Rem Pada Disc Brake Dengan Variasi Kecepatan*. Jurnal Universitas Wahid Hasyim. Vol 13, No 2.

Edi Ridwan, M. Iqbal Aryad, Abang Razikin. 2015. *JAnalisis Perencanaan Pembagian Beban Dan Instalasi Listrik Pada Hotel Golden Tulip Di Kota Pontianak*. Jurnal Universitas Tanjungpura.

Jonathan Sarwono. 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif Dan Kualitatif*. Graha Ilmu.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) Yayasan PUIL 2000.

Radita Arindya, S.T., M.T. 2012. *Penggunaan Dan Pengaturan Motor Listrik*.

Supari Muslim, Joko. 2009. *Teknik Perencanaan Dan Pemeliharaan Instalasi Listrik*

Wiwik Wiharti, Zs Ressay A, Andre Marta 2012. *Analisa Kendali Pengereman Motor Induksi Tiga Fasa*. Jurnal Pliteknik Negeri Padang.